

## 日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

17.04.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 5月 1日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-129515

[ST.10/C]:

[JP2002-129515]

REC'D 13 JUN 2003

WFO

PCT

出 願 人

Applicant(s):

株式会社荏原製作所

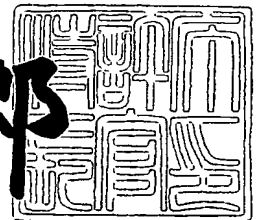
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 5月27日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3039446

【書類名】 特許願

【整理番号】 020531

【提出日】 平成14年 5月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所  
内

【氏名】 畠山 雅規

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所  
内

【氏名】 渡辺 賢治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所  
内

【氏名】 村上 武司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所  
内

【氏名】 佐竹 徹

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所  
内

【氏名】 野路 伸治

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 新大手町ビル2  
06区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100083895

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100092967

【弁理士】

【氏名又は名称】 星野 修

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0201070

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】

試料の表面検査方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料の表面を抵抗膜でコーティングし、前記抵抗膜でコーティングした前記試料の表面に荷電粒子線を照射して前記試料表面の検査を行う試料の表面検査方法において、

前記試料の表面に前記抵抗膜を任意の厚さに塗布し、

前記塗布された任意の厚さの抵抗膜の一部を溶解して前記任意の厚さより薄い所望の厚さにする、

ことを特徴とする試料の表面検査方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の試料の表面検査方法において、前記所望の膜厚を 0.1 nm ないし 10 nm とすることを特徴とする表面検査方法。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載の試料の表面検査方法において、前記抵抗膜が水溶性であることを特徴とする表面検査方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の試料の表面検査方法において、検査後に純水又は超純水を用いた洗浄を行い、前記抵抗膜を除去することを特徴とする表面検査方法。

【請求項 5】 試料の表面を平坦に加工する表面平坦化機構と、前記平坦化された前記試料の表面に抵抗膜を任意の厚さ塗布した後、前記抵抗膜の一部を溶解して所望の厚さにする抵抗膜コーティング機構と、前記抵抗膜がコーティングされた試料の表面に荷電粒子線を照射して前記表面を検査する検査機構と、前記試料を前記各機構間で搬送する搬送機構とを備える試料の表面検査装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の試料の表面検査装置において、前記試料を表面が乾燥状態にて前記表面検査装置に導入しかつそこから取り出せるように、更に、洗浄機構と、試料乾燥機構とを備え、前記表面平坦化機構、抵抗膜コーティング機構、検査機構、洗浄機構及び試料乾燥機構が前記搬送機構を中心としてその周りに配置されていることを特徴とする表面検査装置。

【請求項 7】 請求項 1 ～ 6 に記載された表面検査方法又は表面検査装置を

用いてプロセス途中の試料の欠陥を検査することを特徴とするデバイス製造方法

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、試料表面の構造評価、拡大観察、材質評価、電気的導通状態等の検査を効率的に行うための試料の表面検査方法及び装置に関し、詳細には、例えば、試料の表面に形成された最小線幅0.15 $\mu$ m以下の高密度パターンの欠陥検出、基板の平坦化等の表面の性状を、その表面に電子線のような荷電粒子線を照射して、高精度、高信頼性、高スループットで検査する方法及び装置、並びにそのような方法又は装置を用いてデバイス製造プロセス途中の不具合修復、工程管理を行うデバイス製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、基板、ウエハ等の被検査対象である試料の表面の観察、材質評価、或いはその表面に形成された電子回路等の構造検査又は評価、電気的導通状態等の検査或いは評価を行う場合、その試料の表面に電子線等の荷電粒子線（一次荷電粒子ビーム）を照射させてスキャンし、その基板の表面から生じる二次荷電粒子等を検出し、その検出結果から画像データを作製し、ダイ毎の画像データと比較することによって欠陥を検査する装置が知られている。一方、基板等の試料の表面を平坦化する平坦化装置、走査電子顕微鏡（SEM）技術を利用して試料の表面を検査する検査装置等は、それぞれ独立に存在して従来から使用されてきた。

【0003】

【発明が解決すべき課題】

上記の如き従来のSEM技術を用いた検査方法、及び、広い面積を同時に照明する方法においては、電子線等の荷電粒子線を照射することによって被検査対象である試料が帯電し、過度の帯電が生じると画像データが歪み、嘘の欠陥を検出する問題、或いは、像が不明瞭となる問題があった。また、このような画像データの歪みが問題になるので帯電による歪みが十分小さくなるようビーム電流を小

さくすると、一次荷電粒子線の溶射により試料表面から放出される二次荷電粒子線信号のS/N比が悪くなり誤検出が発生する確立が増える。勿論S/N比を改善するため、多数回走査して平均化処理等を行って誤検出の発生する確率は減少させることはできるが、その代わりにスループットが低下する問題がある。

## 【 0 0 0 4 】

更に、微細な欠陥を検出するためには、大電流の照射ビームが必要となる。例えば、CCDの2×2画素サイズの欠陥を判定するときに必要な信号量を1とすると、1×1画素サイズの欠陥を判定するときに必要な信号量は、上記の4倍必要となる。つまり、同じ検出器で微細な欠陥を検出するためには、二次電子量を増やすために、照射電流値を増加する必要がある。しかし、照射電流量を増加すると前述のように帯電が強くなるため、像歪みが大きくなる問題がある。

## 【 0 0 0 5 】

このような問題を解決するため、例えば本出願人による特願2000-340651により、試料の表面に荷電粒子線を照射する前に、予めその表面に抵抗膜をコーティングする方法が提案されたが、この方法では抵抗膜の厚さを各試料に対して均一に、しかも薄くすることが困難であるため、更に改善を行う必要性があった。

## 【 0 0 0 6 】

一方、上記出願によって試料表面に抵抗膜をコーティングして試料表面を検査する技術は提案されたが、試料表面の平坦化からそのような抵抗膜のコーティングを経て荷電粒子線の照射による検査までの一連の動作を効率的に行う検査装置は従来提案されておらず、従来からそれぞれ単独の装置として使用されている、試料の表面を平坦にする平坦化装置、試料を洗浄する洗浄装置、乾燥機構等を、抵抗膜のコーティング装置と共に単に並べて配置し、それらによって各作業をさせるだけであった。しかしながら、このような装置では、下記のような理由により必ずしも上記一連の動作を効率良く行わせることはできない。すなわち、上記各独立の装置は、それぞれ、試料を各装置間の搬送を担当している搬送装置により送られた試料を一時的に載せておく試料載置台と、試料載置台から作業位置すなわちステージ装置上に載置したそこから取り出すロード／アンロード・ロボ

ットとを備えており、そのような独立した装置を複数並べてその独立した装置間での試料の搬送を行う搬送装置を別途設けたのでは表面検査装置の全体の構造が繁雑かつ大型化するだけでなく、試料の搬送に時間がかかり装置全体のスループットが低下し、更には試料表面の汚染、酸化の機会が多くなり品質低下をもたらすことになる。

#### 【 0 0 0 7 】

本発明が解決しようとする課題は、上記問題点を解決することであって、スループットを大きくするため大電流で走査しても、帯電量を適切に制御でき、試料表面についての歪みの小さい鮮明な画像データの取得を実現し、信頼性の高い欠陥走査が行える表面検査方法及び装置を提供することである。

本発明が解決しようとする他の課題は、試料表面に施す抵抗膜の膜厚を各資料に対して均一にしかも所望の厚さに精密に制御可能にすることによって、試料表面についての歪みの小さい新鮮な画像データの取得を可能にし、信頼性の高い表面検査方法及び装置を提供することである。

本発明が解決しようとする別の課題は、試料の平坦化、洗浄、乾燥等を行う各機構、試料表面への抵抗膜のコーティングを行う機構、更にはそれらの機構間の試料の搬送を受け持つ機構の構造を改良することにより全体の構造を簡素化して、高いスループットを維持できる表面検査装置を提供することである。

本発明が解決しようとするさらに別の課題は、前記単独の装置がそれぞれ備えていたロード／アンロード・ロボットを省略可能にして、装置の簡素化及び試料の搬送行程の簡素化を図って高いスループットを維持できる表面検査装置を提供することである。

本発明が解決しようとする更に別の課題は、上記のような表面検査方法又は装置を使用してプロセス途中の試料の欠陥を検査するデバイス製造方法を提供することである。

#### 【 0 0 0 8 】

##### 【課題を解決するための手段】

本願の一つの発明は、試料の表面を抵抗膜でコーティングし、前記抵抗膜でコーティングした前記試料の表面に荷電粒子線を照射して前記試料表面の検査を行



う試料の表面検査方法において、

前記試料の表面に前記抵抗膜を任意の厚さに塗布し、

前記塗布された任意の厚さの抵抗膜の一部を溶解して前記任意の厚さより薄い所望の厚さにする、

ことに特徴を有する。

#### 【0009】

上記本願の一つの発明によれば、被検査対象である試料の表面に抵抗膜の厚さを各試料に対して均一にしかも所望の厚さに精密に制御可能となるので、電子線やイオンビームなどのビームを照射して生じる帯電量を精密に制御し、歪みの小さい鮮明な電位コントラスト画像取得が可能となる。より詳細には、本発明によれば、従来では20nmレベルの抵抗膜の膜厚制御が限界であったのに対して、0.1～1nmレベルの膜厚制御が可能となり、試料基板のより適切な帯電量制御が可能となるため、得られる電子象の電位コントラスト及び歪について、最良な画像を得ることが可能となるのである。

また、照射ビームが電子線やイオンビームである場合には、約2keV以上のビームエネルギーでの照射が行われる場合、基板やデバイス回路の破壊が起こる場合がある。そのような場合においても、本発明の方法による観察、検査を行うとダメージの低減を実現でき、従来ではデバイス破壊などのダメージが発生する照射ビームエネルギー領域においても、ダメージが無く歪の小さい電子像を得ることが可能となる。

#### 【0010】

上記試料の表面検査方法において、前記所望の膜厚を0.1nmないし10としてもよい。また前記抵抗膜が水溶性であってもよく、この場合検査後に純水又は超純水を用いた洗浄を行い、前記抵抗膜を除去するようにしてもよい。

#### 【0011】

本願の他の発明による試料の表面検査装置は、試料の表面を平坦に加工する表面平坦化機構と、前記平坦化された前記試料の表面に抵抗膜を任意の厚さ塗布した後、前記抵抗膜の一部を溶解して所望の厚さにする抵抗膜コーティング機構と、前記抵抗膜がコーティングされた試料の表面に荷電粒子線を照射して前記表面

を検査する検査機構と、前記試料を前記各機構間で搬送する搬送機構とを備えて構成されている。

上記表面検査装置において、前記試料を表面が乾燥状態にて前記表面検査装置に導入しかつそこから取り出せるように、更に、洗浄機構と、試料乾燥機構とを備え、前記表面平坦化機構、抵抗膜コーティング機構、検査機構、洗浄機構及び試料乾燥機構が前記搬送機構を中心としてその周りに配置されていてもよい。

本願の別の発明は、前記表面検査方法又は表面検査装置を用いてプロセス途中の試料の欠陥を検査するデバイス製造方法である。

#### 【0012】

上記試料の表面検査装置によれば、試料の平坦化处理によって発生する欠陥などを即時に検査、判断できるため、プロセス工程管理が効率よく行える。このことは、単に、平坦化处理による欠陥検出に限らず、平坦化前工程における不具合、欠陥発生の検出が出来るので、平坦化前から平坦化工程までのプロセス管理を行うことができ、その情報に基づいて、実施されたプロセスの不備発見修復、改善を効率よく行うことが可能となる。更に、平坦化处理から検査までを行える検査装置の全体構造を簡素化すると共に試料の搬送を円滑にして高いスループットを確保できる。

#### 【0013】

##### 【実施例】

以下図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

図1は本発明による表面検査方法の検査対象である試料Sを示す拡大断面図であって、この実施の形態では試料Sとして、表面に半導体回路製造工程において電子回路等の任意のパターンpが形成されているシリコンウエハ（以下単にウエハ）wを例にして説明する。この工程又は全行程を含めて、ゴミ、導通不良、パターン不良、欠落などの欠陥の有無、状態判定、種類分別等の検査を、ウエハwの表面に電子線（なお、以下の実施形態の説明ではウエハに照射する荷電粒子線として電子線（一次電子線）を例に説明する）を照射させ、その照射によりウエハから放出される電子線（二次電子線）を検出して行う。しかしながら、ウエハに照射する電子線の照射電流値を増加させるとウエハの表面の帯電量が増加し、

検出した二次電子の画像データに歪みが発生し、正確に検出できない問題がある。

#### 【0014】

この問題を解決するため、本出願人による前記出願により、ウエハの表面に抵抗膜  $f$  をコーティングしてウエハ表面の帯電量を制御する方法が提案されたが、単に抵抗膜をコーティングするだけでは帯電量を精密に制御することが困難であることが解った。これは、図3に示されるように、いわゆるスピスコータで抵抗膜をコーティングして場合、ウエハの回転数（毎分回転数）を増加するのにしたがってコーティングされる抵抗膜の厚さが薄くなるが、回転数がある一定値、約 2000 rpm を超えると回転数がいくら高くなっても薄くならず、約 20 nm より薄くすることは実質的に不可能のためであった。

図2は、絶縁物に電子線を照射した時の2次電子等の放出効率  $\eta$  特性例である。 $\eta$  が1より大きいビームエネルギーでは入射した電子よりも多くの電子が放出されるため、絶縁物表面は正に帯電される。ここで、問題なのは、抵抗膜の抵抗値と膜厚である。抵抗値が金属膜のように小さいと、電位コントラストが小さくなり、像の歪みは小さくなるが、パターン認識性が低下して、欠陥の検出が難しくなる。また、抵抗値が大きすぎると像の歪みが大きく、2次電子取得ができない場所やアーク放電が起こる場合が生じる。

#### 【0015】

本発明においては、まず、従来と同じようにウエハ  $w$  の表面（この実施形態では上面にパターン  $p$  が形成されているのでそのパターンの層の表面）を、例えば公知の構造のCMP（Chemical Mechanical Polish 化学的機械研磨）装置やプラズマを用いた反応性イオン平坦化装置等の平坦化処理機構により平坦化処理する（図4[A]）。次に、平坦化処理された表面に、図4[B]に示されるように、液状の抵抗膜材料  $m$  を、公知のスピスコータ等によりウエハを回転させた状態で散布し、抵抗膜  $f$  を形成する。この抵抗膜  $f$  の膜厚は最終的に所望とする膜厚より厚い膜厚  $t_1$  となるようにコーティングする。抵抗膜の材料としては、金属含有の高分子材料やチエニルアルカンスルホン酸系の高分子化合物等を用いる。抵抗値としては、 $1 \times 10^6 \sim 100 \times 10^6 \Omega$ （例

例えば、 $1\text{ cm}^2$ 、当たり、膜厚 $0.1\text{ nm}\sim 100\text{ nm}$ ）程度のものを用いる。  
このチエニルアルカンスルホン酸系の高分子化合物の抵抗膜は水溶性であり、後述する膜の除去工程で有益である。チエニルアルカンスルホン酸系高分子化合物の他に、アクリル系、化学増幅系の同様のコート材料を用いることができることはもちろんである。本発明では、この抵抗値を適切に選んで、像歪みの小さい状態を実現し、誤検出の少ない効率的な表面検査を実現する。また、特にLSI製造工程の途中段階検査では、抵抗膜の脱着性が問題となる。抵抗膜をコーティングして検査が完了した後、次工程に進むために、該抵抗膜が除去されなければならない。従って、この問題を解決するために、水溶性の抵抗膜を用いることは、本発明の大きな特徴である。

## 【0016】

このスピンコータによりコーティングを行う場合、前述のように抵抗膜の厚さに限界があり、 $20\text{ nm}$ より薄くすることは実質的に不可能であったため、従来、スピンコータでコーティングした状態で検査を行っていた。

ところで、一次電子線の照射によって放出される二次電子を得るときに、膜厚による誤差が生じる。例えば、膜中を電子が通過するとき、引き上げ電界が弱くなるために、二次電子の運動方向が広がり、コントラストの低下、ボケの発生等が生じる。これらが発生する要因を低減するためには、抵抗膜の膜厚をなるべく薄くしたいが、前述のように今までのコーティング方法では限界があった。

## 【0017】

そこで、本発明においては、スピンコータにより膜厚 $t_1$ にコーティングされた抵抗膜 $f$ の上面に、抵抗膜の溶媒（この実施形態では純水又は超純水）を均一に散布し、その抵抗膜 $f$ の上面側の一部を溶かし、図4[C]に示されるように、残った抵抗膜が均一の膜厚 $t_2$ になるように溶かすのである。このように膜厚を $t_2$ にした後に後述する検査機構により、試料 $S$ であるパターン $p$ が形成されたウエハ $w$ の表面に公知の方法により荷電粒子線の一種である一次電子線を照射してウエハから二次電子線を放出させ、その二次電子線を捕捉して検査等の評価を行うのである。

スピンコータにより抵抗膜をコーティングした（この時の抵抗膜の厚さは $20$

n m) 後、超純水をかけて抵抗膜を溶かす実験を行った結果、図 5 に示されるように、ウエハ上に残る抵抗膜の厚さと超純水の供給量との関係が得られた。このことから、抵抗膜を溶解する純水又は超純水等の溶剤の供給量を適切に制御することによって、抵抗膜の最終の厚さを制御可能であることが明らかである。

## 【 0 0 1 8 】

図 6 は、パターン p の層の表面に凹凸構造（複数の線 1 により形成される）がある試料 S' の例を示す。この例においても、抵抗膜及び膜厚制御は、図 3 に関連して説明した方法と同様の方法により行うことが可能である。この場合は、互いに隣接する線 1 間の間隔が等しい例が示されてるが、該間隔が大きく異なるパターンの表面構造を有している場合では、該間隔の大小により表面の帯電状態が異なるために、本発明により抵抗膜の膜厚を薄くかつ均一化できるので、表面電位の均一化に有効となる。

## 【 0 0 1 9 】

図 7 において、本発明の表面検査方法を実施するための装置の一実施形態の全体が概略平面図で示されている。この実施形態の表面検査装置 1 0 は、中央の搬送機構 2 0 の周りに配置された平坦化機構 3 0 と、洗浄機構 4 0 と、乾燥機構 5 0 と、抵抗膜コーティング機構 6 0 と、検査機構 7 0 と、ウエハストック・インターフェイス 8 0 とで構成されている。

搬送機構 2 0 は、図 8 に示されるように、水平方向（図 5 で左右方向）に移動可能な可動テーブル 2 1 に取り付けられた複数（本実施形態では 2 組）の多関節型搬送ロボット 2 2 a、2 2 b を備えている。この搬送ロボット 2 2 a 及び 2 2 b は同じ構造の公知のものでよく、それぞれ、可動テーブル 2 1 に関して上下動可能にかつ軸線 2 4 - 2 4 の回りに旋回可能になっているベース 2 3 と、ベースに取り付けられた多関節アーム 2 5 と、多関節アーム 2 5 の先端のアームに取り付けられていてウエハ w を保持するチャック 2 6 とを備えている。多関節アーム 2 5 は、互いに回動可能に接続された複数（この実施形態では 3 個）のアームを有する公知の構造のもので良い。また、チャック 2 6 も公知の構造のもので良い。したがってこれらの構造及び動作の詳細な説明は省略する。この搬送機構は、前記各機構間並びに各機構とウエハストック・インターフェイス間でウエハの搬

送を行うもので、搬送ロボット 2 2 a、2 2 b のチャック 2 6 により保持したウエハを各機構の作業台すなわちステージ装置上に直接載置し或いはそのステージ装置から直接取り出せるようになっており、上記機構と同じ作業を行う従来の単独の装置に比較して、その単独の装置にそれぞれ設けられていたロード／アンロード・ロボットを省略可能にしている。また、この実施形態の搬送装置では、複数組の搬送ロボット 2 2 a 及び 2 2 b を備えているので、例えばコーティング機構に搬送装置でウエハの供給、取り出しを行う場合、一つの搬送ロボット 2 2 a で新しいウエハを把持してコーティング機構の近くに移動し、他の搬送ロボットでコーティングの完了したウエハを取り出して、新しいウエハをステージ装置上に置くことが可能になる。このように各機構のステージ装置上へのウエハの載置及びそこからの取り出しを搬送装置で行ってしまうため、前記ロード／アンロード・ロボットを省略でき、それによる動作を省略でき、搬送行程を簡略化できる。

#### 【 0 0 2 0 】

平坦化機構 3 0 の基本構成は、公知の構造の CMP 装置、プラズマを用いた反応性イオン平坦化装置等でよいので、その構造及び動作の詳細な説明は省略する。この平坦化機構は、搬送機構 2 0 の搬送ロボット 2 2 a 又は 2 2 b から直接作業台すなわちステージ装置 3 1 上にウエハが載置されるようになっており、搬送機構とステージ装置 3 1 との間でウエハの転送を行う前述のウエハ載置台及びロード／アンロード・ロボットを設けていない点で、従来の単独の CMP 装置等と異なる。

洗浄機構 4 0 の基本構成も、ロード／アンロード・ロボット及びウエハ載置台を省略した以外は、純水又は超純水を用いて洗浄する従来の洗浄装置と同じでよいのでその構造及び動作の詳細な説明は省略する。したがって、ウエハは搬送機構 2 0 によりステージ装置 4 1 上に直接載置される。更に、乾燥機構は、ドライエア又は窒素ガスの吹き付け方式、真空乾燥方式或いは加熱乾燥方式による従来の乾燥装置でよいのでその詳細な構造及び動作の説明は省略する。上記乾燥装置も、搬送機構 2 0 の搬送ロボット 2 2 a 又は 2 2 b から作業台すなわちステージ装置上 5 1 上に直接ウエハが載置されるようになっており、前述のウエハ載置

台及びロード／アンロード・ロボットが設けられていない点で、従来の単独の乾燥装置と異なる。

# 【 0 0 2 1 】

抵抗膜コーティング機構 6 0 は、例えば、従来のスピncóタ等のコーティング装置に、前述の抵抗膜の一部を溶かして膜厚を薄くかつ均一にするための膜厚均一化機構を更に設けた点で、従来のものと異なる。したがって、以下においては、従来のスピncóタと同じで良い抵抗膜材のコーティングを行う機構の説明は省略し、それ以外の膜厚均一化機構 6 5 の基本構成について図 9 を参照して説明する。

図 9 において、膜厚均一化機構 6 5 は、抵抗膜コーティング機構 6 0 の回転器 6 1 の上方の位置に移動可能になっているマイクロシリンジ 6 6 を備えており、そのマイクロシリンジ 6 6 は制御弁 6 8 を介してフレキシブルパイプを介して純水又は超純水の供給源 6 7 に接続されている。この膜厚均一化機構 6 5 は、スピncóタの回転器 6 1 の上にウエハ w を真空吸着等により保持してその上に液状の抵抗膜材を膜材滴下ヘッド 6 2 から散布してコーティングが完了した（このときの膜厚を  $t_1$  とする）後に、膜材滴下ヘッド 6 2 を回転器 6 1 の上方の位置から退却させ、代わりにマイクロシリンジ 6 6 を移動させる。そして、回転器 6 1 によりウエハ w を、例えば、3 0 0 0 r p m ないし 7 0 0 0 r p m で回転させた状態で、供給源 6 7 から送られてくる純水又は超純水 n を、マイクロシリンジ 6 6 の噴出口 6 6 1 から、ジェット又はシャワー状にしてウエハ w の表面にコーティングされた抵抗膜 f の上面に均一に散布する。抵抗膜 f は水溶性であるため、純水又は超純水に接触して上面側の一部が溶解される。そして、残すべき抵抗膜の膜厚  $t_2$  は、ウエハの表面積、もとの膜厚  $t_1$  を考慮して散布する純水又は超純水の量を決定して制御する。スピncóタによりコーティングが完了した時の抵抗膜の膜厚  $t_1$  は、例えば、2 0 n m とすることができ、それより厚くてもよい。2 0 n m とするのは従来のスピncóタによりコーティングした場合の膜厚が約 2 0 n m だからである。また溶媒すなわち純水又は超純水により一部を溶解したのちにウエハ上に残る抵抗膜 f の膜厚  $t_2$  は 0 . 1 n m ないし 1 0 n m とするのがよい。これは、膜厚が 0 . 1 n m より薄くなるとチャージアップ抑制

効果がなくなって精度良い観察が出来なくなるからであり、10 nmより厚くなると抵抗膜自体の検出電子（2次電子等）量が増加することや、抵抗膜下のウエハ等の試料表面から放出される電子（2次電子等）が抵抗膜内にて散乱するため、電子軌道の変化、取得値の劣化（ぼけ）が発生するからである。抵抗膜の膜厚  $t_2$  は、より好ましくは、0.5 nmないし2 nmである。

## 【0022】

上記膜厚均一化機構の他の例としては、例えば、図10[A]に示されるように、回転器61の上に載せられて回転されている（例えば1000～10000 rpm）ウエハwの上方（ウエハwの上方hの位置）に回転器の回転軸線を通る直径方向に伸びかつ下面に多数の流出孔661aが長手方向に所定の間隔で形成された供給ヘッド66aを配置し、その流出孔から純水又は超純水を流出させ、純水又は超純水により抵抗膜fの一部を溶解させるようにしてもよい。この場合でも、制御弁68により供給ヘッド66aからの総流出量を制御することによって、膜厚  $t_2$  を制御できる。なお、供給ヘッド66aに形成される流出孔の代わりに、図10[B]に示されるように、供給ヘッド66bの下面に、例えば図10[C]に示される断面形状を有する複数（この実施形態で5個）のノズル661bを設けてノズルにより純水又は超純水をジェット状に噴霧してもよい。いずれにしろ、流出孔661a又はノズル661bからウエハの抵抗膜の表面までの距離hを適切に選んで抵抗膜の上面全域に均一に散布されるようにする。更に、図10[D]に示されるように、回転器61によりウエハを回転させながら、供給ヘッド66cを回転軸線O-Oと外周位置との間で若しくは回転軸線O-Oを通して直径方向に往復又は片道移動させ、供給ヘッドのノズル661cから純水又は超純水を散布して抵抗膜fを溶解させてもよい。

## 【0023】

膜厚均一化機構の更に別の変形例としては、図11に示されるように、回転器61の上方に供給ヘッド66dを配置し、その供給ヘッド66dに液状の膜材を散布する複数のノズル621dと、純水又は超純水等の溶剤を散布する複数のノズル661dをそれぞれ設け、ノズル621dを液状膜材の供給源63dに接続し、ノズル661dを67dに接続してもよい。このようにすることによって抵



抗膜のコーティング時と抵抗膜の溶解時とでヘッドを移動させる必要がなくなる。

#### 【 0 0 2 4 】

上記のように上面側の一部が溶解されて残った抵抗膜の膜厚  $t_2$  を測定する方法としては、エイプソメータによる光学的膜厚測定、又は表面荒さ計や源弛緩力顕微鏡などによる段差測定器を用いて行う。場合によっては、もっと高制度の膜厚測定が必要であるときは、オージェ分光、SIMS、特性X線解析測定を用いることが可能である。

各ウエハについて測定することも可能であるが、極めて煩雑になりスループットを低下することにつながるので、通常は、条件選定試験により、純水又は超純水の供給量、ウエハの回転速度及び溶解前の膜厚  $t_1$  等の条件と一部溶解後の膜厚  $t_2$  との関係を予め求めておき、それに基づいて上記膜厚の均一化を実施する。そして条件により膜厚の変動を確認するために抜き取り検査を行うようにすればよい。したがって、この実施形態による表面検査装置には膜厚を測定する装置は組み込まれていない。

#### 【 0 0 2 5 】

上記のようにして膜厚の均一化が行われたウエハは、検査機構 70 により荷電粒子線として例えば電子線が照射されて、検査が行われる。検査機構としては図 9 に示されるような電子線装置 70 がある。図 12 に示される電子線装置は写像投影型電子線装置であって、正方形開口で整形された一次電子線（成形ビーム）72 を放出する電子銃 71 と、その一次電子線 72 をウエハ w に照射する一次電子光学系（以下単に一次光学系）73 と、一次電子線の照射によりウエハから放出された二次電子 74 を捕捉する二次電子光学系（以下単に二次光学系）75 と、二次電子 74 を検出する検出器 76 とを備える。この電子線装置において、電子銃 71 から放出された一次電子線 72 は、一次光学系 73 の 2 段のレンズ系 731、732 で縮小され、E×B 分離器 733 の偏向中心面に 1.25 mm 角に結像される。E×B 分離器 733 で偏向された電子線は、レンズ 736、737 で 1/5 に縮小され、ウエハ w に投影される。ウエハ w から放出されたパターン画像情報を持った二次電子 74 は、前記レンズ 736 及び 737 を通り、更に二

次光学系の拡大レンズ 7 5 1 及び 7 5 2 で拡大され、検出器 7 6 で二次電子画像を形成する。この電子線装置においては、E × B 分離器 7 3 3 が電子銃 7 1 から放出された電子線 7 2 を偏向するが試料表面から放出される二次電子 7 4 は直進するように設定し、一次電子線 7 2 を試料表面へ垂直に入射させている。

## 【 0 0 2 6 】

4 段の拡大レンズ 7 3 6、7 3 7、7 5 1、7 5 2 は、レンズ 7 3 6 と 7 3 8 が対称タブレットレンズを形成し、レンズ 7 5 1 と 7 5 2 も対称タブレットレンズを形成しているので、無歪レンズとなっている。しかしながら、電極等が汚れてくると、多少歪みが発生するので、定期的に標準パターンを試料面に入れ、歪みを測定し歪み補正のパラメーターを算出しておく。

図 1 2 の写像投影型電子線検査装置により、酸化膜や窒化膜が選択的に形成されたウエハを検査する場合は、光学系の歪みが補正されているのみでは不十分であり、画像データを取得した後、パターンエッジから代表的な点を選んでデータ画像と比較することによって歪みの補正を行い、その後、ダイとダイ或いは画像データとデータ画像との比較等で欠陥を検出する。

なお、この実施形態の電子線装置から成る検出機構 7 0 にも搬送機構 5 2 で送られたウエハを検査機構である電子線装置のステージ 7 7 のウエハ載置面上に転送するための転送ロボットは省略されている。

## 【 0 0 2 7 】

図 1 3 において、検査機構の別の実施形態が示されている。この実施形態による検査機構は走査型電子線装置 7 0 a であり、図 1 2 に示される写像投影型電子線検査装置に代えて使用することができる。図 1 3 に示される走査型電子線装置 7 0 a においても、一次電子線を放出する電子銃 7 1 a と、電子銃 7 1 a から放出されて成形された一次電子ビームをウエハ w に照射する一次電子光学系（以下一次光学系）7 3 a と、ウエハから放出されたを検出する検出器 7 6 a とを備えている。この電子線装置において、電子銃から放出された一次電子はアノードにより加速され、一次光学系 7 3 a の開口板 7 3 1 a のアパーチャを通過して電子ビーム 7 2 a となり、レンズ系 7 3 2 a、7 3 3 a を通過し、抵抗膜 f で被われたウエハ w を照射する。そして、走査コイル 7 3 4 a 及びレンズ系 7 3 5 a が、

一次電子ビーム 2 の走査動作と拡大率を制御する。一次電子ビーム 2 の照射により放出された二次電子、後方散乱電子、又は反射電子は、ホトマルなどの電子検出器 7 6 a により検出され、二次画像にされる。また、ウエハ w は、可動ステージ 7 7 a 上に取付けられ、結像倍率に見合った速度で X 又は Y 方向に連続移動が加えられ、ライナセンサーとの組合せで連続した画像が得られる。この二次画像を使用し、ダイとダイ或いは画像データとデータ画像との比較を行う等でウエハ w の欠陥が検出される。

## 【 0 0 2 8 】

ウエハストック・インターフェースには、複数のウエハが上下に隔てて収納されているカートリッジが複数個（少なくとも 2 個）配置され、そのカートリッジからウエハを搬送機構の搬送ロボットにより取り出せるようになっている公知の構造のものでよいので、その詳細な説明は省略する。

なお、上記表面検査装置 1 0 を構成する、中央の搬送機構 2 0、平坦化機構 3 0、洗浄機構 4 0、乾燥機構 5 0、抵抗膜コーティング機構 6 0、検査機構 7 0 及びウエハストック・インターフェイス 8 0 を、一つの大きなチャンバ内に納め、そのチャンバ内を例えば真空或いは不活性ガス等による雰囲気制御可能にする事により、ウエハの搬送工程中における汚染を防止できる。

## 【 0 0 2 9 】

次に、上記実施形態による表面検査装置を用いたときの、プロセス工程例を示せば次のようになる。

- 1) 前工程：ウエハに前工程で処理を行う。
- 2) ウエハ搬送： 前処理が終了したウエハを、ウエハストック・インターフェイス 8 0 のウエハ台 8 1 に供給する。
- 3) ウエハロード： 搬送機構 2 0 の搬送ロボット 2 2 a 又は 2 2 b にウエハをロードする。
- 4) ウエハ洗浄： 搬送ロボットによりウエハを洗浄機構 4 0 に送り、ウエハを洗浄する。
- 5) 平坦化加工： 搬送ロボットによりウエハを平坦化機構 3 0 に送り、平坦化処理を行う。

- 6) 洗浄：搬送ロボットによりウエハを洗浄機構 4 0 に送り、ウエハを洗浄する。
- 7) 乾燥：搬送ロボットによりウエハを乾燥機構 5 0 に送り、ウエハを乾燥する。
- 8) 抵抗膜コート及び膜厚制御：搬送ロボットによりウエハを抵抗膜コーティング機構 6 0 に送り、ウエハに所望の厚さ、例えば膜厚  $t_1$  の抵抗膜をコーティングする。
- 9) 検査：搬送ロボットによりウエハを検査機構 4 0 に送り、ウエハに電子線を照射して検査を行う。
- 1 0) 洗浄：搬送ロボットによりウエハを洗浄機構 4 0 に送り、ウエハの抵抗膜を全て洗い流す。
- 1 1) 乾燥：搬送ロボットによりウエハを乾燥機構 5 0 に送り、洗浄後のウエハを乾燥する。
- 1 2) ウエハアンロード：搬送ロボットからウエハをウエハストック・インターフェース 8 0 のウエハ台 8 2 に移し変える。
- 1 3) ウエハ搬送：ウエハ台 8 2 上のウエハを後工程に搬送する。
- 1 4) 後工程：ウエハに後工程で処理を行う。

このとき、複数のウエハに対して該装置の処理を同時に行うことができる。例えば、1 枚のウエハが、平坦化加工されているときに、他のウエハが、抵抗膜コートされて検査を行っている状態が可能である。このようにして、ウエハの処理による製造工程時間の短縮を行う、ことが可能となる。したがって、1 サンプルの処理時間が短縮でき、更にプロセス不良等の問題を早期に発見できる。

#### 【 0 0 3 0 】

次に図 1 4 及び図 1 5 を参照して本発明による半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。

図 1 4 は、本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。この実施例の製造工程は以下の主工程を含んでいる。

- (1) ウエハを製造するウエハ製造工程（又はウエハを準備するウエハ準備工程）

(2) 露光に使用するマスクを製造するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）

(3) ウエハに必要な加工処理を行うウエハプロセッシング工程

(4) ウエハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程

(5) できたチップを検査するチップ検査工程

なお、上記のそれぞれの主工程は更に幾つかのサブ工程からなっている。

#### 【 0 0 3 1 】

これらの主工程中の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼすのが(3)のウエハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウエハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウエハプロセッシング工程は以下の各工程を含んでいる。

(A) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（CVDやスパッタリング等を用いる）

(B) この薄膜層やウエハ基板を酸化する酸化工程

(C) 薄膜層やウエハ基板等を選択的に加工するためにマスク（レチクル）を用いてレジストパターンを形成するリソグラフィー工程

(D) レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程（例えばドライエッチング技術を用いる）

(E) イオン・不純物注入拡散工程

(F) レジスト剥離工程

(G) 更に、加工されたウエハを検査する工程

なお、ウエハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

#### 【 0 0 3 2 】

図15は、図14のウエハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

(a) 前段の工程で回路パターンが形成されたウエハ上にレジストをコートする

レジスト塗布工程

(b) レジストを露光する露光工程

(c) 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程

(d) 現像されたレジストパターンを安定化するためのアニール工程

上記の半導体デバイス製造工程、ウエハプロセッシング工程、リソグラフィー工程については、周知のものでありこれ以上の説明を要しないであろう。

上記 (G) の検査工程又は上記 (c) の露光工程に、本発明に係る欠陥検査装置及び欠陥検査方法、露光装置及び露光方法を用いると、微細なパターンを高精度で安定して検査又は露光ができるので、製品の歩留まりの向上、欠陥製品の出荷防止が可能と成る。

【 0 0 3 3 】

本発明によれば次のような効果を奏することが可能である。

(イ) 本発明によれば、帯電によって測定画像に歪みが生じても欠陥を正しく測定できるので、適切に帯電するように大電流を流して走査でき、二次電子も多量に検出できるので  $S/N$  比の良い検出信号が得られ、欠陥検出の信頼性が向上する。

(ロ)  $S/N$  比が大きくなり、より速く走査しても画像データを作成できるので検査のスループットを大きくできる。

(ハ) ウエハへの照射ビームが電子線やイオンビームである場合には、約  $2\text{ keV}$  以上のビームエネルギーでの照射が行われる場合、基板やデバイス回路の破壊が起こる場合がある。そのような場合においても、本発明の方法による観察、検査を行うとダメージの低減を実現でき、従来デバイス破壊などのダメージが発生する照射ビームエネルギー領域においても、ダメージが無く歪の小さい電子像を得ることが可能となる。

(ニ) 平坦化処理によって発生する欠陥などを即時に検査、判断できるため、プロセス工程管理が効率よく行える。このことは、単に、平坦化処理による欠陥検出に限らず、平坦化前工程における不具合、欠陥発生を検出ができるので、前平坦化後から当平坦化工程までのプロセス管理を行うことができ、その情報に基づいて、実施されたプロセスの不備発見修復、改善を効率よく行うことができ、デ

バイス製造プロセスにおける歩留り向上製造コストの低減が可能になる。

(ホ) また、上記の事を可能とするために、発生欠陥種分類が出来る画像処理システムを用いることも可能である。該画像処理システムでは、例えば、欠陥分類として、ゴミ等付着物、配線の接触不良、パターン形状不良等が分類できるため、得られた電子像から、どの製造プロセス、どの場所での欠陥発生かを判断でき、その発生源の改善修復を行うことが効率よくできる。

(ヘ) また、上述した方法及び装置を用いてプロセス途中のウェーハの欠陥を検査することを特徴とするデバイス製造する事が可能となる。

(ト) 従来の単独装置に使用されていたロード／アンロード・ロボットを省略したので装置全体の構成を簡素化かつ小型化でき、またウエハの搬送工程を簡素化してスループットの向上できる。

(チ) 単独装置を複数並べるのと違って一つのベース上に各機構を配置することによりウエハの作業位置の調整が容易になり、ロード、アンロードによる位置の調整も容易になる。

(リ) 装置を動作させるための圧縮空気、電力、冷却水、純水又は超純水、窒素ガス等の供給用のユーティリティの入力数及び各種制御弁の数を減少でき、装置の簡素化を図れる。

(ヌ) ウエハが外部に露出される機会をなくすことができ、ウエハの汚染を防止できる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

シリコンウエハの表面に抵抗膜がコーティングされた状態を示す断面図である。

##### 【図 2】

絶縁物に電子線を照射したときの二次電子等の放出効率を示すグラフである。

##### 【図 3】

スピンコータによるウエハの毎分回転数とウエハにコーティングされる抵抗膜の厚さの関係を示すグラフである。

##### 【図 4】

本発明による抵抗膜を均一化する方法を説明する断面図である。

【図 5】

ウエハ上にコーティングされた抵抗膜を超純水で溶解する場合におけるウエハに残る抵抗膜の厚さと超純水の供給量との関係を示すグラフである。

【図 6】

シリコンウエハに凹凸パターンが形成されている例を誇張して示す断面図である。

【図 7】

本発明による試料の表面検査方法を実施するための装置を構成する各機構の配置を示す概略平面図である。

【図 8】

搬送機構の搬送ロボットの概略説明図である。

【図 9】

抵抗膜の膜厚均一化機構の一例を説明する概略側面図である。

【図 1 0】

抵抗膜の膜厚均一化機構の他の例を説明する概略側面図である。

【図 1 1】

抵抗膜の膜厚均一化機構の他の例を説明する概略斜視図である。

【図 1 2】

本発明の検査機構で使用する電子線装置の一例の概略構成を示す図である。

【図 1 3】

本発明の検査機構で使用する電子線装置の他の例の概略構成を示す図である。

【図 1 4】

デバイス製造工程を示すフローチャートである。

【図 1 5】

リソグラフィー工程を示すフローチャートである。

【符号の説明】

1 0 表面検査装置

2 0 搬送機構

3 0 平坦化機構

4 0 洗浄機構



5 0 乾燥機構

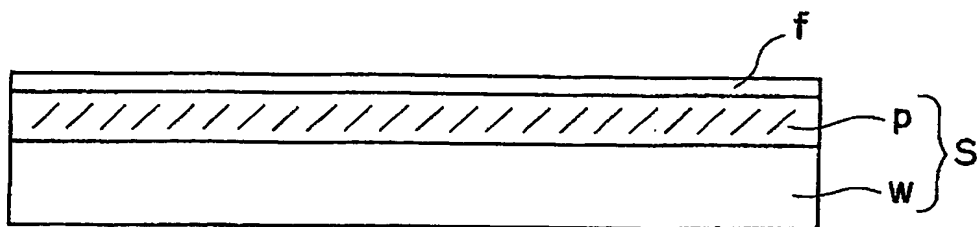
6 0 抵抗膜コーティング機構

7 0 検査機構

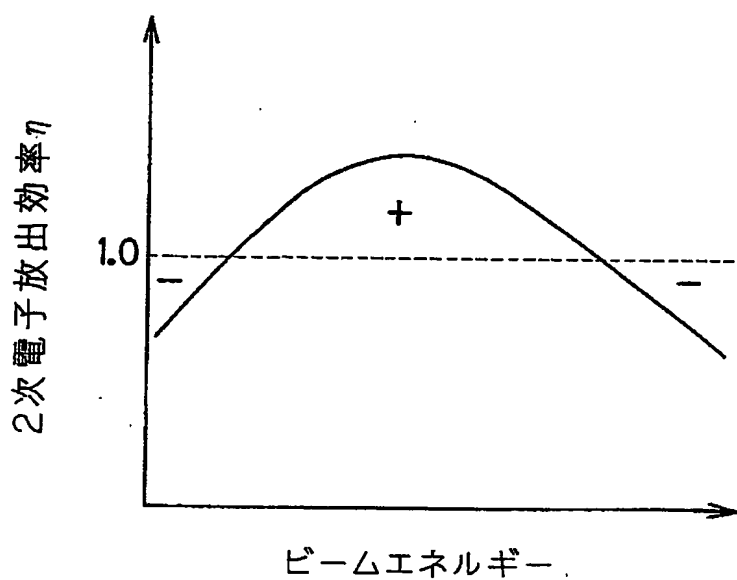
8 0 ウエハストック・インターフェース

【書類名】 図面

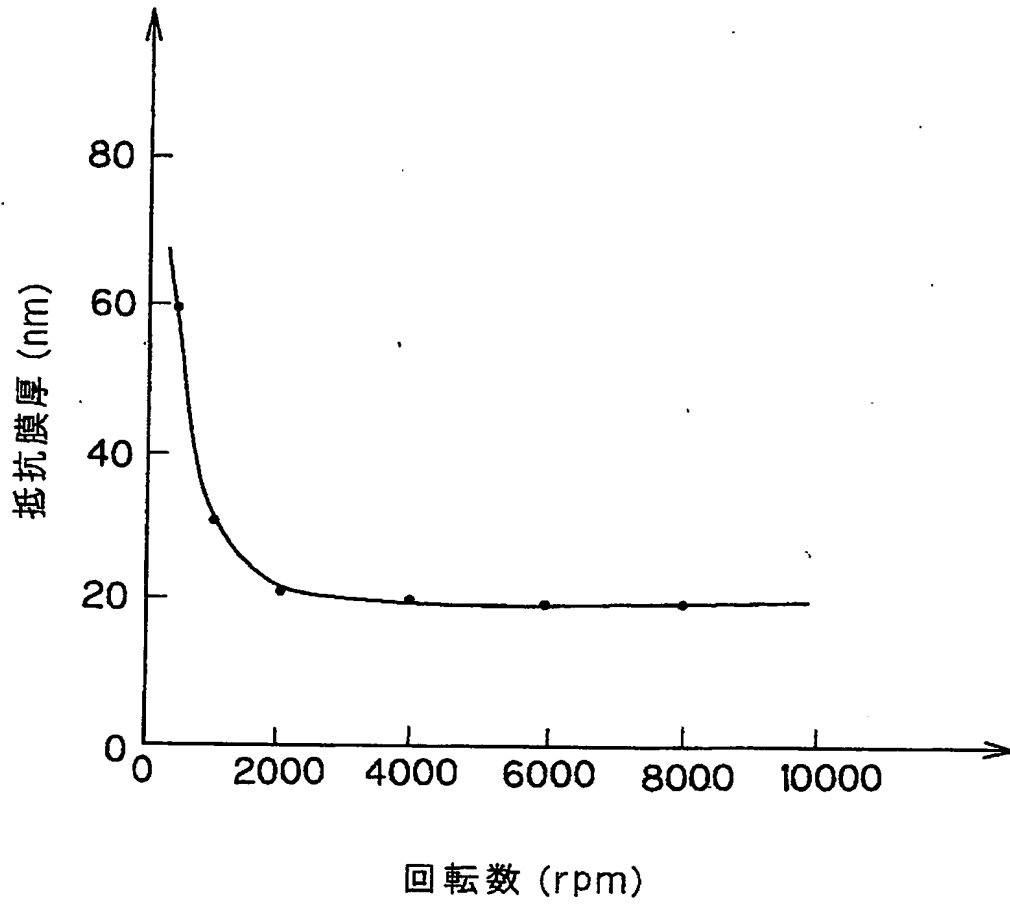
【図1】



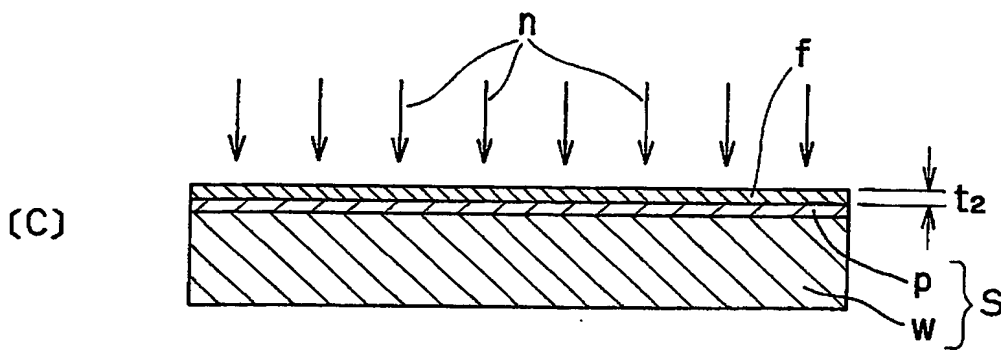
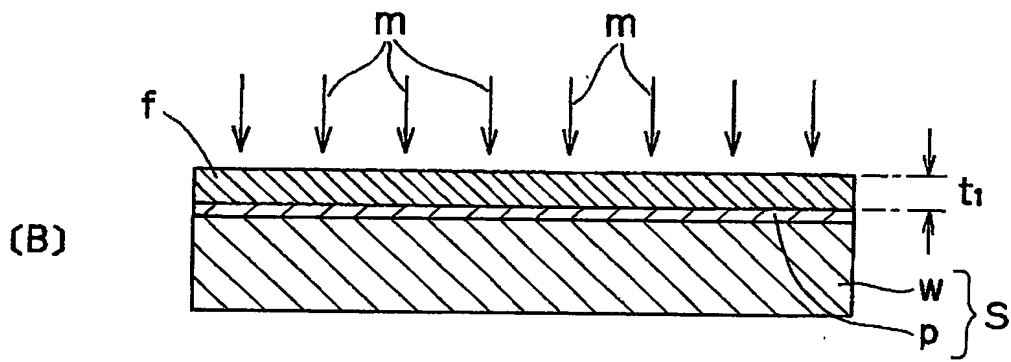
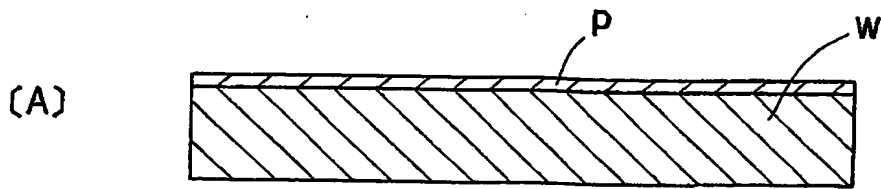
【図2】



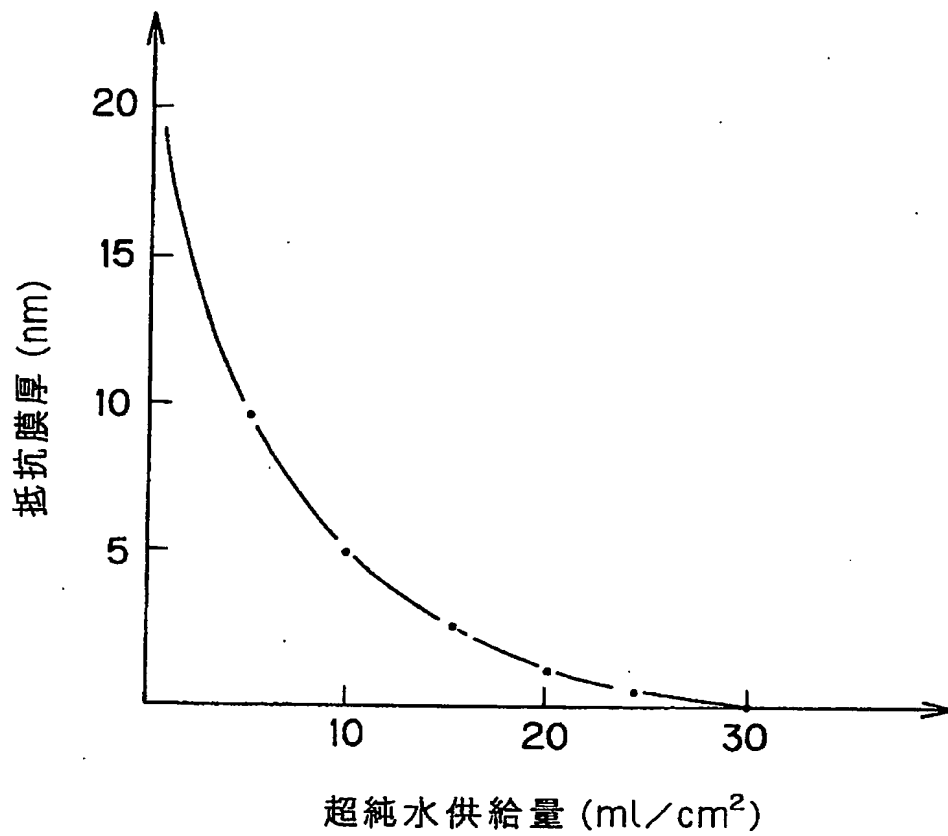
【図3】



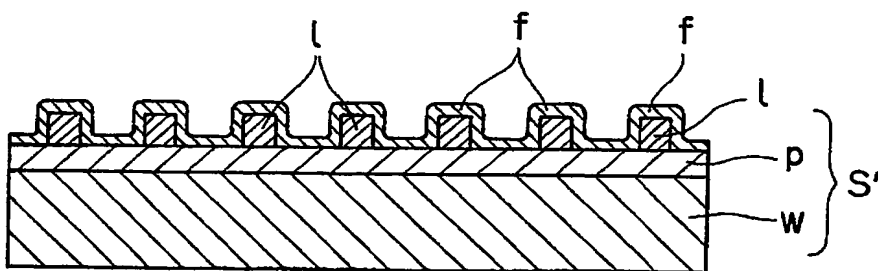
【図 4】



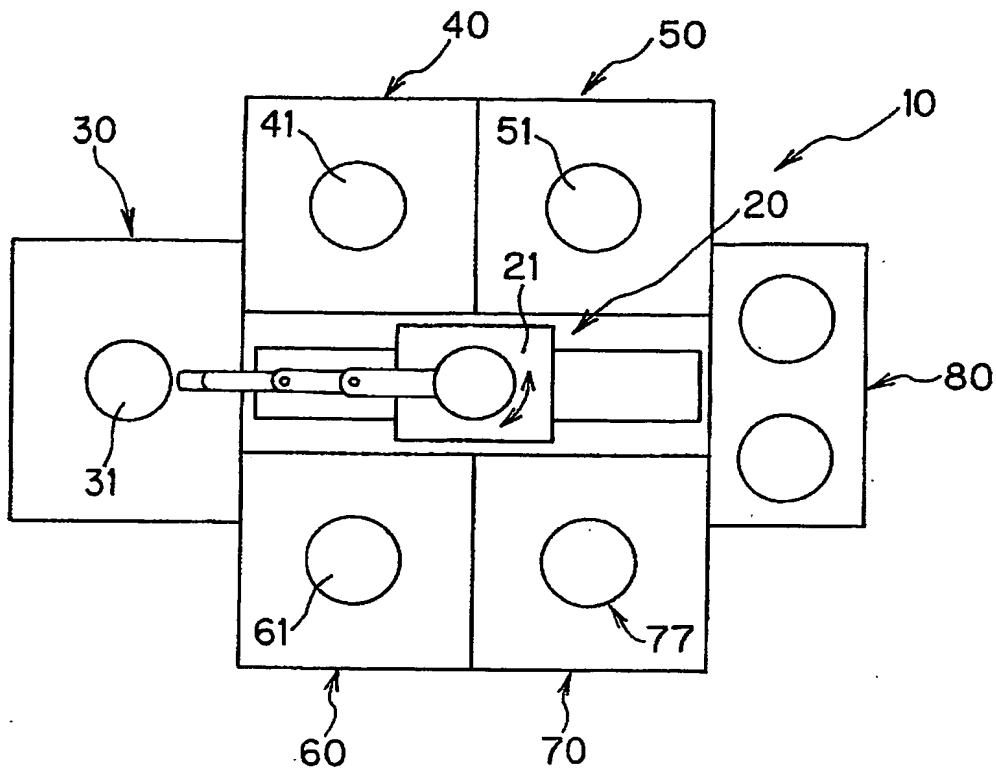
【図5】



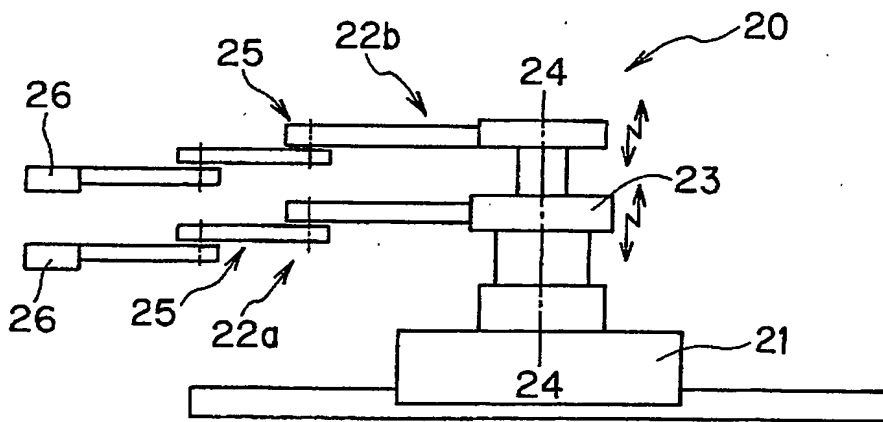
【図6】



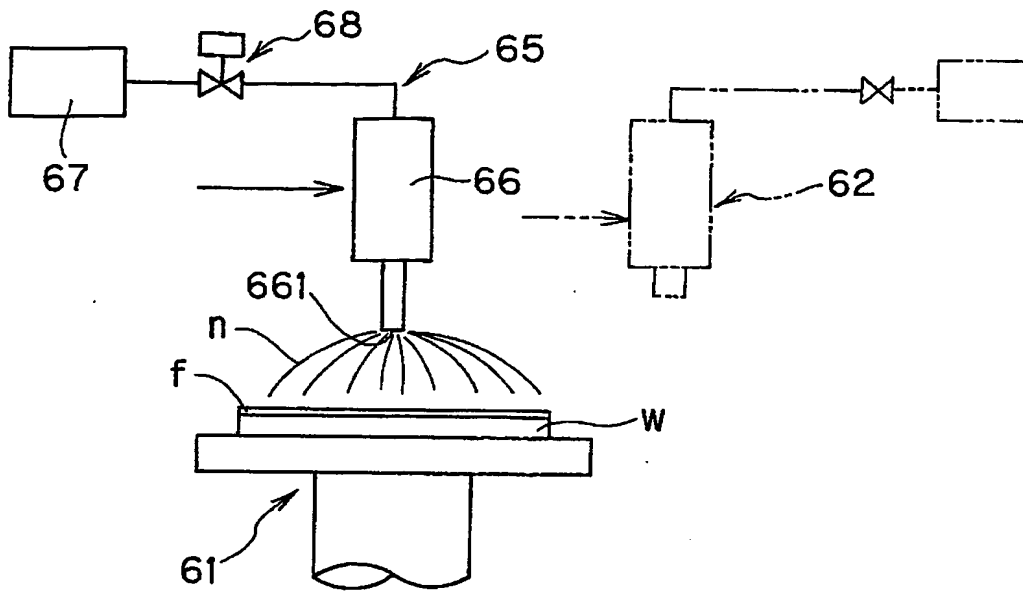
【図7】



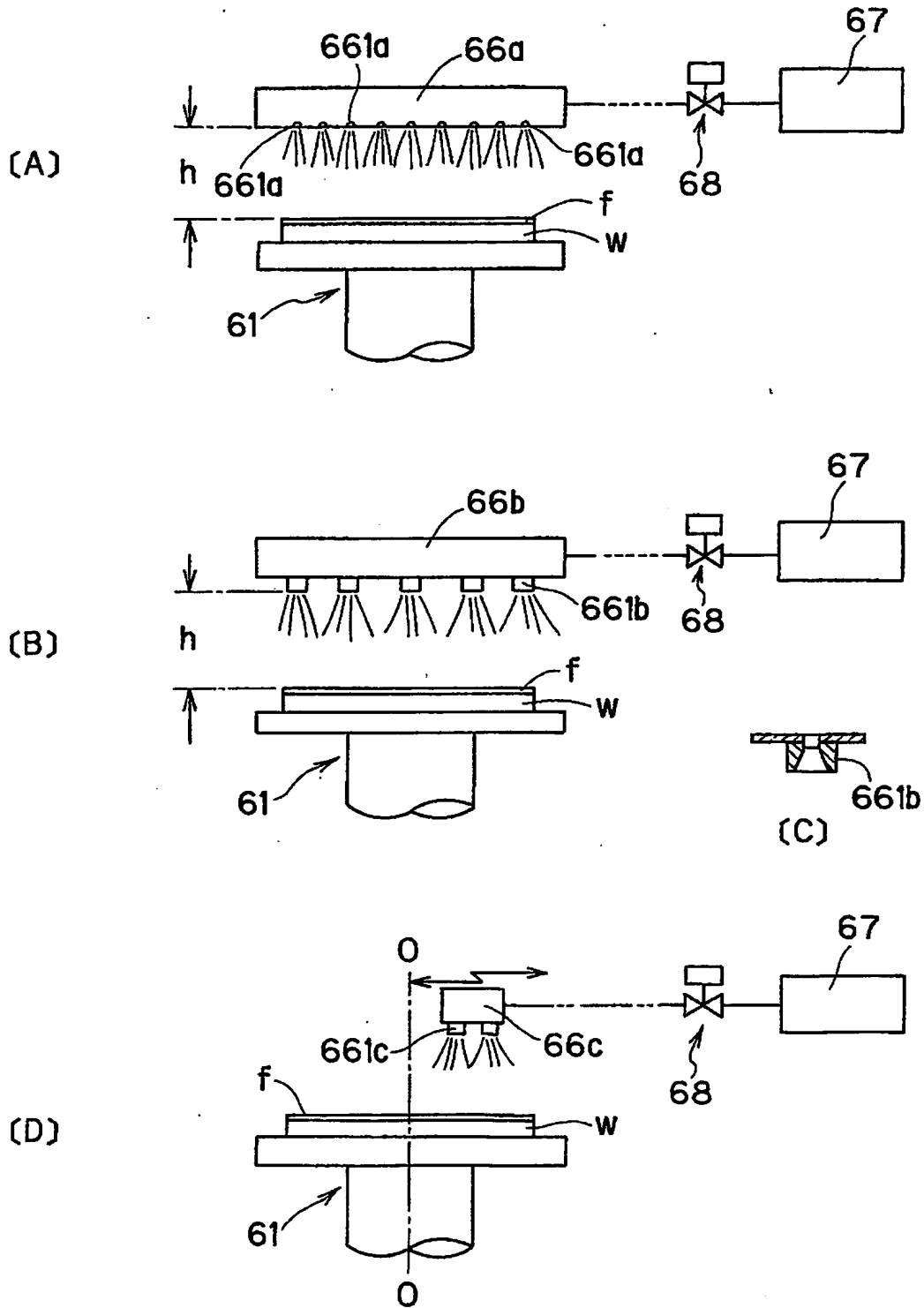
【図8】



【図 9】

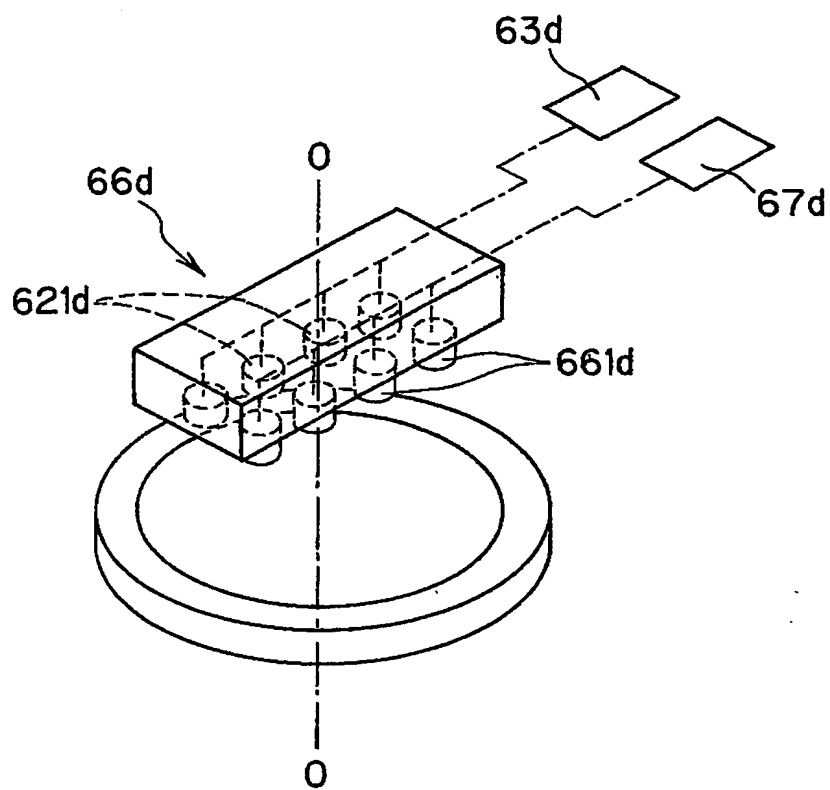


【図10】

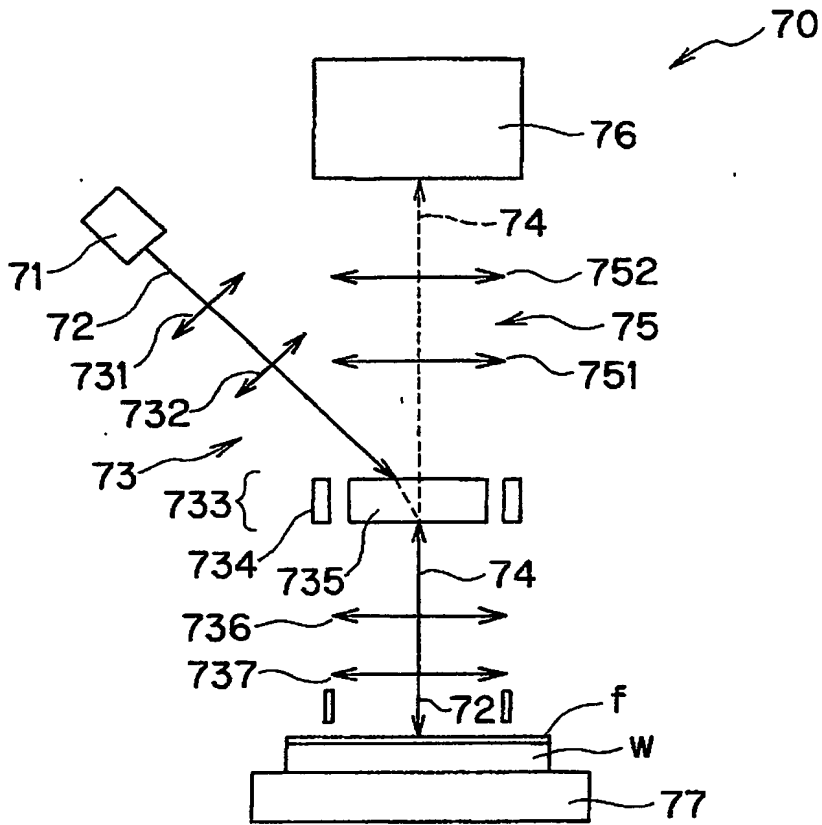




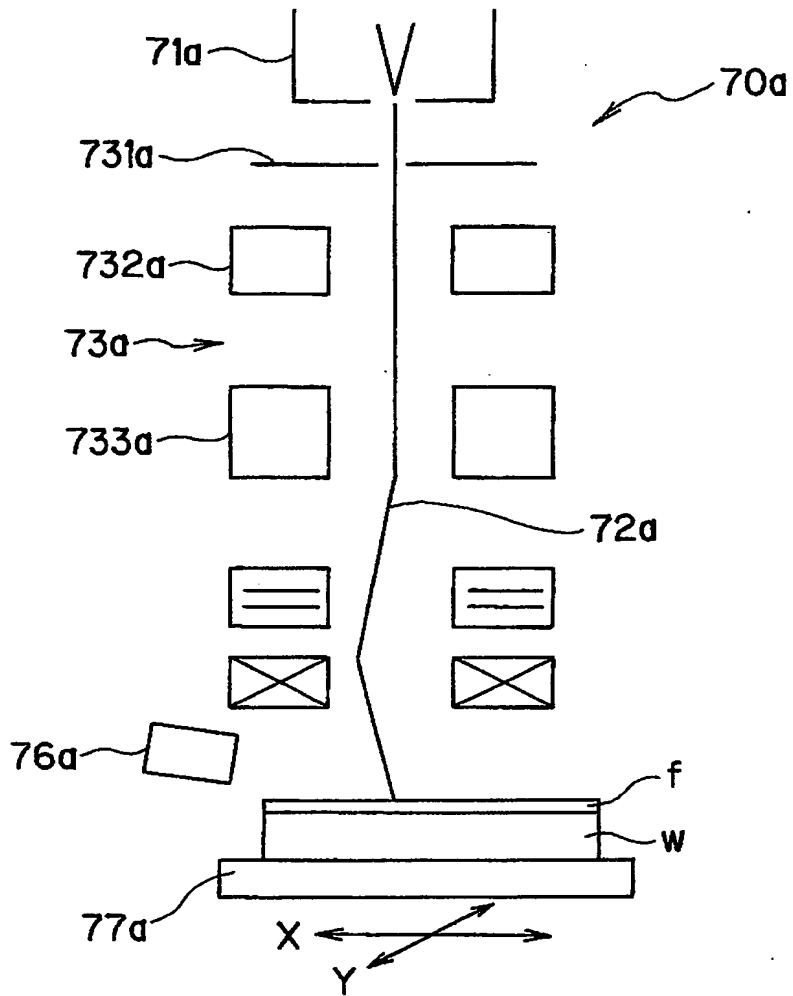
【図 1 1】



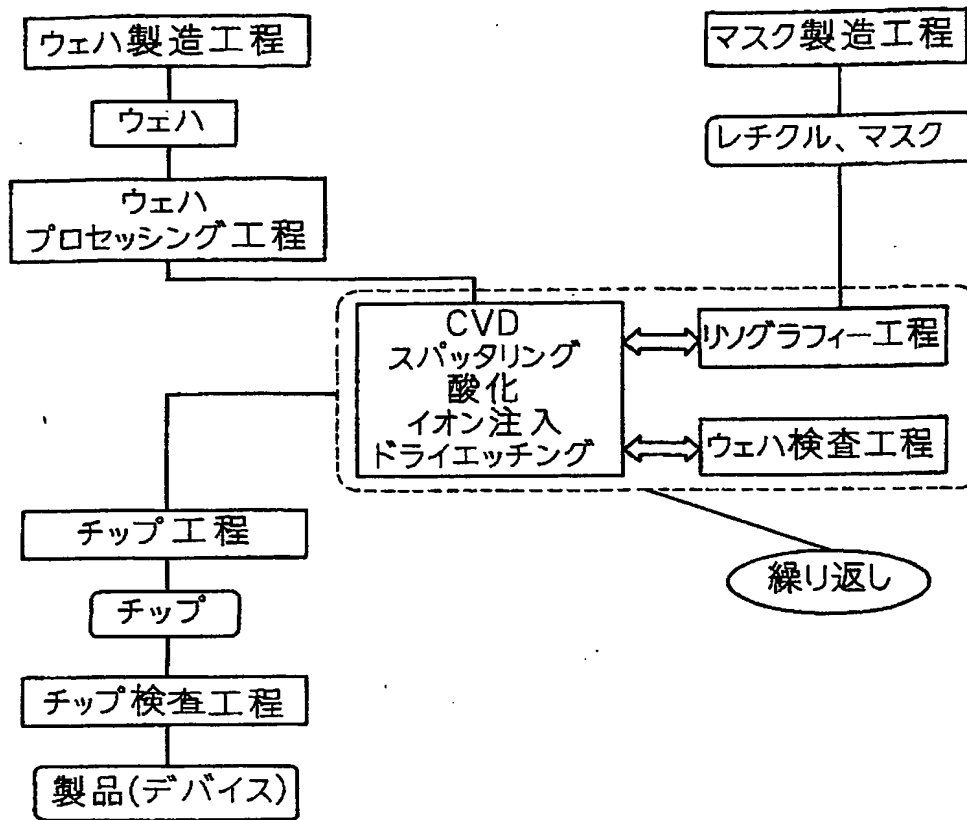
【図12】



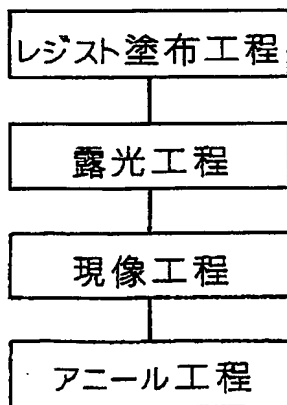
【図 13】



【図 1 4】



【図 1 5】



## 【書類名】 要約書

【要約】 本発明は、試料 S の表面を抵抗膜 f でコーティングし、前記抵抗膜でコーティングした前記試料の表面に荷電粒子線を照射して前記試料表面の検査を行う試料の表面検査方法である。本発明の表面検査方法では、まず、前記試料 S の表面に前記抵抗膜を任意の厚さ  $t_2$  に塗布する。その後、前記塗布された任意の厚さの抵抗膜の一部を溶解して前記任意の厚さより薄い所望の厚さ  $t_2$  にするものである。これにより抵抗膜の抵抗値を精密に制御可能になり、検出時の像の歪み等を少なくできる。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区羽田旭町11番1号
氏 名	株式会社荏原製作所